

501P063-0200

J1046 U.S. PTO
1109/042021



04/26/01

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年 6月 20日

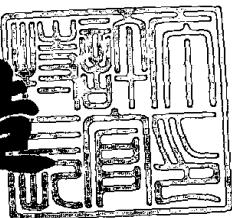
出願番号
Application Number: 特願2000-189729

出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

2001年 3月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3014952

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000456404

【提出日】 平成12年 6月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 山田 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 渡辺 哲

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707389

特2000-189729

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子とその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の光学材料からなる基材と、

前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料と

を有する光学素子であって、

前記基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記第1の面には第1の凹部が形成されていると共に、前記第2の面には第2の凹部が形成されており、

前記第1および第2の凹部には、前記第2の光学材料が充填されている光学素子。

【請求項2】

前記第1および第2の凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第1の面のうち前記第1の凹部の周囲には、第1の平坦部が形成されており、

前記第2の面のうち前記第2の凹部の周囲には、第2の平坦部が形成されており、

前記第1および第2の平坦部は、平行または略平行である

請求項1記載の光学素子。

【請求項3】

前記第1の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第1の平坦部は、平行または略平行であり、

前記第2の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第2の平坦部は、平行または略平行である

請求項2記載の光学素子。

【請求項4】

前記第1の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第1の平坦部は、同一平面上または略同一平面上に位置し、

前記第2の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第2の平坦部は、同一平面上または略同一平面上に位置する

請求項3記載の光学素子。

【請求項5】

前記第1の凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第1の凹部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、

前記第2の凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第2の凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項2記載の光学素子。

【請求項6】

前記第1および第2の凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する

請求項2記載の光学素子。

【請求項7】

前記第1および第2の凹部は、同一または略同一の大きさである

請求項6記載の光学素子。

【請求項8】

前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項1記載の光学素子。

【請求項9】

前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、

前記第1の面には、前記第2の光学材料が満たされた前記第1の凹部を密閉する光学材料からなる第1の層が形成されており、

前記第2の面には、前記第2の光学材料が満たされた前記第2の凹部を密閉する光学材料からなる第2の層が形成されている

請求項1記載の光学素子。

【請求項10】

前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であると共に、同一の光学材料からなり、

前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一であり、

前記第2の光学材料は、光学油または液晶である

請求項9記載の光学素子。

【請求項11】

第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、

空洞に対して突出した凸部が前記空洞の対向壁に形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が、対向する第1および第2の面に形成された前記第1の光学材料からなる基材を、モールド成形により生成する工程と、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記第1および第2の面の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程と
を有する

光学素子の製造方法。

【請求項12】

前記第1および第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する

請求項11記載の光学素子の製造方法。

【請求項13】

前記対向壁の前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記平坦化する工程は、

前記対向壁のうちの一方の壁に形成された前記凸部の形状が写された前記第1の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるよう
に、前記第1の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工
程と、

前記対向壁のうちの他方の壁に形成された前記凸部の形状が写された前記第2の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるよう

、前記第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と

を有する

請求項12記載の光学素子の製造方法。

【請求項14】

前記対向壁の前記凸部を当該凸部の対称軸に沿って切断した場合における当該凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項13記載の光学素子の製造方法。

【請求項15】

前記対向壁の前記凸部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置しており、

前記第1および第2の面の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する

請求項14記載の光学素子の製造方法。

【請求項16】

前記第1および第2の面の前記凹部は、同一または略同一の大きさである

請求項14記載の光学素子の製造方法。

【請求項17】

前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項11記載の光学素子の製造方法。

【請求項18】

前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、

前記第2の光学材料を充填する工程は、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記第1の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の面の前記凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第2の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第2の面の前記凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する

請求項 11 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 19】

前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、

前記第2の光学材料は、光学油または液晶である

請求項 18 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 20】

前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、

前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である

請求項 19 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 21】

第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、

第1の光学材料からなる基材の、互いに対向する平坦または略平坦な第1および第2の面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓に対応する凹部を、エッチングによって前記基材の前記第1および第2の面に形成する工程と、

前記凹部が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、

前記レジスト膜が除去された前記基材の前記第1および第2の面の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項 22】

前記第1および第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する

請求項 21 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 23】

前記窓は、円形または略円形であり、

前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記平坦化する工程は、

前記第1の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第1の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と、

前記第2の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と

を有する

請求項22記載の光学素子の製造方法。

【請求項24】

前記第1の面の前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における当該凹部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、

前記第2の面の前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における当該凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項23記載の光学素子の製造方法。

【請求項25】

前記第1および第2の面の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する

請求項24記載の光学素子の製造方法。

【請求項26】

前記第1の面に形成された前記レジスト膜の窓は、前記第2の面に形成された前記レジスト膜の窓と同一または略同一の大きさであり、

前記第1および第2の面の前記凹部は、同一または略同一の大きさである

請求項24記載の光学素子の製造方法。

【請求項27】

前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項21記載の光学素子の製造方法。

【請求項28】

前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、

前記第2の光学材料を充填する工程は、

前記レジスト膜が除去された前記基材の前記第1の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の面の凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第2の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第2の面の凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する

請求項21記載の光学素子の製造方法。

【請求項29】

前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、

前記第2の光学材料は、光学油または液晶である

請求項28記載の光学素子の製造方法。

【請求項30】

前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、

前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である

請求項29記載の光学素子の製造方法。

【請求項31】

第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、

第1の凸部を備え、前記第1の凸部の周囲が平坦である第2の基材に対し、前記第1の凸部を埋没させる第1の光学材料の層からなる第1の基材を形成する工程と、

第2の凸部を備え、前記第2の凸部の周囲が平坦である第4の基材に対し、前記第2の凸部を埋没させる前記第1の光学材料の層からなる第3の基材を形成する工程と、

前記第1の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を、第3の光学材料からなる第5の基材の対向する第1および第2の平坦面のうちで前記第1の平坦面に接合する工程と、

前記第3の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を、前記第5

の基材の前記第2の平坦面に接合する工程と、

前記第5の基材に接合された前記第1および第3の基材から、前記第2および第4の基材を除去し、前記第1および第3の基材のうち前記第1および第2の凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、

露出した前記第1および第3の基材の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項32】

前記第1および第3の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する

請求項31記載の光学素子の製造方法。

【請求項33】

前記第1および第2の凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記平坦化する工程は、

前記第1の凸部の形状が写された前記第1の基材の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第1の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と、

前記第2の凸部の形状が写された前記第3の基材の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第3の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と

を有する

請求項32記載の光学素子の製造方法。

【請求項34】

前記第1の凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第1の凸部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、

前記第2の凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第2の凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項33記載の光学素子の製造方法。

【請求項35】

前記第1および第3の基材の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する

請求項34記載の光学素子の製造方法。

【請求項36】

前記第1および第3の基材の前記凹部は、同一または略同一の大きさである

請求項34記載の光学素子の製造方法。

【請求項37】

前記第1および第3の光学材料は、同一の光学材料である

請求項31記載の光学素子の製造方法。

【請求項38】

前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項31記載の光学素子の製造方法。

【請求項39】

前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、

前記第2の光学材料を充填する工程は、

露出した前記第1の基材の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の基材の前記凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第3の基材の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第3の基材の前記凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する

請求項31記載の光学素子の製造方法。

【請求項40】

前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、

前記第2の光学材料は、光学油または液晶である

請求項39記載の光学素子の製造方法。

【請求項41】

前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、

前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である
請求項40記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学素子とその製造方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】

レンズを製造する場合、以下の第1～第3の製造方法が知られている。

第1の製造方法は、所望のレンズ形状に加工された金型に光学材料を充填し、モールド成形によりレンズを製造する方法である。

第2の製造方法は、反応性イオンエッティング（R I E : Reactive Ion Etching）等のエッティングを利用し、フォトレジスト等をマスク（エッティングマスク）として用い、光学材料を所定形状にエッティングして当該光学材料からなるレンズを製造する方法である。

第3の製造方法は、光学材料からなる基材をレンズ形状に機械研磨することによりレンズを製造する方法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の上記第1の製造方法、すなわち、モールド成形を用いる方法では、開口数が大きい小型のレンズを製造することが難しく、レンズ直径を1mm以下にすることは困難である。

従来の上記第2の製造方法、すなわち、R I E等のエッティング技術を用いる方法では、光学材料が制限されるため、高屈折率の材料を用いることが困難であり、開口数N Aが大きいレンズを実現することが困難である。

従来の第3の製造方法では、小型のレンズを製造することが困難である。

【0004】

レンズの開口数を大きくすると、レンズを通過して生成される光スポットの大きさを小さくすることが可能である。光ディスクの大容量化の観点から、光ヘッ

ドのレンズ（対物レンズ）の開口数NAを大きくすることが望まれる。

また、レンズ等の光学素子は種々の光学装置に使用されており、光学装置の小型化の観点から、光学素子の小型化が望まれる。

【0005】

開口数が大きい光学素子を実現するには、光学材料の屈折率が大きいことが有効である。

可視光の領域において高屈折率の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム（ガリウムリン）、窒化ガリウム、窒化ケイ素（窒化シリコン）等がある。

しかし、これらの材料を、従来技術では開口数が大きい小型のレンズに加工することは困難である。

【0006】

また、従来のレンズは、不定形をしているものが多い。このような不定形の複数のレンズをアライメントするには、3次元方向の高精度の位置合わせが必要であり、アライメントの作業の負担が大きい。

また、光ヘッドがスイングアームに搭載されたフライングヘッド（浮上ヘッド）を構成する場合、スライダとレンズとを別個に作成して高精度に貼り合わせることにより光ヘッドを作成可能であるが、この場合は貼合わせ作業の負担ひいては光ヘッドの作成の負担が大きい。

【0007】

本発明の第1の目的は、小型の光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することにあり、第2の目的は、小型で開口数が大きい光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することにあり、前記製造方法から生成可能な光学素子を提供することを第3の目的とし、当該光学素子を有する光学系を提供することを第4の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光学素子は、第1の光学材料からなる基材と、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料とを有する光学素子であって、前記基材は

、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記第1の面には第1の凹部が形成されていると共に、前記第2の面には第2の凹部が形成されており、前記第1および第2の凹部には、前記第2の光学材料が充填されている。

【0009】

本発明に係る光学素子では、好適には、前記第1および第2の凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第1の面のうち前記第1の凹部の周囲には、第1の平坦部が形成されており、前記第2の面のうち前記第2の凹部の周囲には、第2の平坦部が形成されており、前記第1および第2の平坦部は、平行または略平行である。

【0010】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記第1の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第1の平坦部は、平行または略平行であり、前記第2の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第2の平坦部は、平行または略平行である。

本発明に係る光学素子では、例えば、前記第1の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第1の平坦部は、同一平面上または略同一平面上に位置し、前記第2の凹部に充填された前記第2の光学材料の表面と前記第2の平坦部は、同一平面上または略同一平面上に位置する構成としてもよい。

【0011】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記第1の凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第1の凹部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、前記第2の凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記第2の凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0012】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記第1および第2の凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する。

本発明に係る光学素子では、例えば、前記第1および第2の凹部は、同一または略同一の大きさとしてもよい。

【0013】

本発明に係る光学素子では、例えば、前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0014】

本発明に係る光学素子では、好適には、前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、前記第1の面には、前記第2の光学材料が満たされた前記第1の凹部を密閉する光学材料からなる第1の層が形成されており、前記第2の面には、前記第2の光学材料が満たされた前記第2の凹部を密閉する光学材料からなる第2の層が形成されている。

【0015】

本発明に係る光学素子では、例えば、前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であると共に、同一の光学材料からなり、前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一であり、前記第2の光学材料は、光学油または液晶である構成としてもよい。

【0016】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法は、第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、空洞に対して突出した凸部が前記空洞の対向壁に形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が、対向する第1および第2の面に形成された前記第1の光学材料からなる基材を、モールド成形により生成する工程と、前記モールド成形により生成された前記基材の前記第1および第2の面の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程とを有する。

【0017】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法は、好適には、前記第1および第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する。

【0018】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、より好適には、前記対向壁の前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記平坦化する工程は、前記対向壁のうちの一方の壁に形成された前記凸部の形状が写された前記第1の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第1の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と、前記対向壁のうちの他方の壁に形成された前記凸部の形状が写された前記第2の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程とを有する。

【0019】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、より好適には、前記対向壁の前記凸部を当該凸部の対称軸に沿って切断した場合における当該凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0020】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記対向壁の前記凸部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置しており、前記第1および第2の面の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する構成としてもよい。

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の面の前記凹部は、同一または略同一の大きさとしてもよい。

【0021】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0022】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、好適には、前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、前記第2の光学材料を充填する工程は、前記モール

ド成形により生成された前記基材の前記第1の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の面の前記凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第2の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第2の面の前記凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する。

【0023】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、前記第2の光学材料は、光学油または液晶である構成としてもよい。

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である構成としてもよい。

【0024】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法は、第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、第1の光学材料からなる基材の、互いに対向する平坦または略平坦な第1および第2の面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓に対応する凹部を、エッティングによって前記基材の前記第1および第2の面に形成する工程と、前記凹部が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、前記レジスト膜が除去された前記基材の前記第1および第2の面の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程とを有する。

【0025】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法は、好適には、前記第1および第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する。

【0026】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、より好適には、前記窓は、円形または略円形であり、前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記平坦化する工程は、前記第1の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第1の面の前記凹部に充填された前記第2

の光学材料の表面を研磨する工程と、前記第2の面の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第2の面の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程とを有する。

【0027】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、より好適には、前記第1の面の前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における当該凹部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、前記第2の面の前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における当該凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0028】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の面の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する構成としてもよい。

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1の面に形成された前記レジスト膜の窓は、前記第2の面に形成された前記レジスト膜の窓と同一または略同一の大きさであり、前記第1および第2の面の前記凹部は、同一または略同一の大きさである構成としてもよい。

【0029】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0030】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、好適には、前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、前記第2の光学材料を充填する工程は、前記レジスト膜が除去された前記基材の前記第1の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の面の凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第2の面の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第2の面の凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する。

【0031】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、前記第2の光学材料は、光学油または液晶である構成としてもよい。

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である構成としてもよい。

【0032】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法は、第1の光学材料からなる基材の凹部に、前記第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料が充填された光学素子を製造する製造方法であって、第1の凸部を備え、前記第1の凸部の周囲が平坦である第2の基材に対し、前記第1の凸部を埋没させる第1の光学材料の層からなる第1の基材を形成する工程と、第2の凸部を備え、前記第2の凸部の周囲が平坦である第4の基材に対し、前記第2の凸部を埋没させる前記第1の光学材料の層からなる第3の基材を形成する工程と、前記第1の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を、第3の光学材料からなる第5の基材の対向する第1および第2の平坦面のうちで前記第1の平坦面に接合する工程と、前記第3の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を、前記第5の基材の前記第2の平坦面に接合する工程と、前記第5の基材に接合された前記第1および第3の基材から、前記第2および第4の基材を除去し、前記第1および第3の基材のうち前記第1および第2の凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、露出した前記第1および第3の基材の前記凹部に、前記第2の光学材料を充填する工程とを有する。

【0033】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法は、好適には、前記第1および第3の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を平坦化する工程をさらに有する。

【0034】

本発明に係る第4の光学素子の製造方法では、より好適には、前記第1および

第2の凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記平坦化する工程は、前記第1の凸部の形状が写された前記第1の基材の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第1の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程と、前記第2の凸部の形状が写された前記第3の基材の前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記第3の基材の前記凹部に充填された前記第2の光学材料の表面を研磨する工程とを有する。

【0035】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、より好適には、前記第1の凸部をその対称軸に沿って切斷した場合における前記第1の凸部の表面の形状は、円弧または略円弧であり、前記第2の凸部をその対称軸に沿って切斷した場合における前記第2の凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0036】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第3の基材の前記凹部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する構成としてもよい。

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第3の基材の前記凹部は、同一または略同一の大きさとしてもよい。

【0037】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、好適には、前記第1および第3の光学材料は、同一の光学材料である。

【0038】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記第2の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0039】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、好適には、前記第2の光学材料は、液状の光学材料であり、前記第2の光学材料を充填する工程は、露出した前

記第1の基材の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第1の基材の前記凹部を光学材料からなる第1の層で密閉し、次に、前記第3の基材の前記凹部に前記第2の光学材料を満たして当該第3の基材の前記凹部を光学材料からなる第2の層で密閉する工程を有する。

【0040】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、一定または略一定の厚さの膜であり、前記第2の光学材料は、光学油または液晶である構成としてもよい。

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記第1および第2の層は、同一の光学材料からなり、前記第1の層の厚さは、前記第2の層の厚さと同一または略同一である構成としてもよい。

【0041】

上記した本発明に係る第1の光学素子の製造方法において、金型は、空洞に対して突出した凸部が、空洞の対向壁に形成されている。この金型により基材をモールド成形することで、凸部の形状を写した凹部を基材の対向面に形成することができる。

第1の光学材料からなる基材の凹部に、第2の光学材料を充填することで、屈折率の違いにより凹部の表面で光を屈折させることができる。金型の凸部を小型にすることで、基材の凹部を小型にでき、小型の光学素子を生成可能である。

また、光学材料を充填した凹部を基材の対向面に設けることで、光学材料を充填した凹部を基材の1つの面にのみ設ける場合に比べ、光学素子の開口数を大きくすることが可能である。

また、第2の光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0042】

上記した本発明に係る第2の光学素子の製造方法において、第1の光学材料か

らなる基材の対向面に、窓を有するレジスト膜を形成することで、窓に対応する凹部をエッチングにより形成することができる。

凹部が形成された基材からレジスト膜を除去し、凹部に第2の光学材料を充填することで、屈折率の違いによって凹部の表面で光を屈折させることができる。窓を小型にすることで、基材の凹部を小型にすことができ、小型の光学素子を生成可能である。

また、光学材料を充填した凹部を基材の対向面に設けることで、光学材料を充填した凹部を基材の1つの面にのみ設ける場合に比べ、光学素子の開口数を大きくすることが可能である。

また、第2の光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0043】

上記した本発明に係る第3の光学素子の製造方法において、第2および第4の基材は、凸部を備え、当該凸部の周囲が平坦である。第2の基材に対し、凸部を埋没させる第1の光学材料の層からなる第1の基材を形成し、第4の基材に対し、凸部を埋没させる第1の光学材料の層からなる第3の基材を形成することで、凸部の形状を写した凹部を第1および第3の基材に形成することができる。

第1および第3の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を、第3の光学材料からなる第5の基材の対向面に接合し、第5の基材に接合された第1および第3の基材から、第2および第4の基材を除去することで、第1および第3の基材のうち凸部の形状を写した凹部を露出させることができる。

第1および第3の基材の凹部に、第2の光学材料を充填することで、屈折率の違いによって凹部の表面で光を屈折させることができる。第2および第4の基材の凸部を小型にすることで、第1および第3の基材の凹部を小型にすことができ、小型の光学素子を生成可能である。

また、第5の基材に接合された第1および第3の基材は、光学材料を充填した凹部を有するので、第1または第3の基材の一方のみを第5の基材に接合した場

合に比べ、光学素子の開口数を大きくすることが可能である。

また、第2の光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0044】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。

【0045】

光学素子

図1は、本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光学素子100は、直方体または略直方体の形状を有する。光学素子100は、基材（基体）101とレンズ102、103とを有する。

光学素子100の基材101およびレンズ102、103は屈折率が異なり、基材101およびレンズ102、103の境界で光を屈折させることができる。例えば、レンズ103の平坦面に光を入射させた場合に、レンズ102の平坦面から出射する光を、収束（集束）または発散させることができ、または平行光にすることができる。

【0046】

基材101は、基材101の下面100Bに回転対称または略回転対称な凹部101Bを有する。凹部101Bをその対称軸に沿って切断した場合における凹部101Bの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部101Bは、基材101とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部101Bによりレンズ102が構成されている。

また、レンズ102の凸状の曲面は、基材101の凹部101Bの表面に密着している。

【0047】

レンズ102の下面是、平坦または略平坦であり、光学素子100の上面（または基材101の上面100U）と平行または略平行になっている。また、レン

ズ102の下面および基材101の下面100Bの平坦部101Cは、平行または略平行であり、図1では、同一平面上に位置している。

【0048】

基材101は、基材101の上面100Uに回転対称または略回転対称な凹部101Dを有する。凹部101Dをその対称軸に沿って切断した場合における凹部101Dの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部101Dは、基材101とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部101Dによりレンズ103が構成されている。

また、レンズ103の凸状の曲面は、基材101の凹部101Dの表面に密着している。

【0049】

レンズ103の上面は、平坦または略平坦であり、光学素子100の下面（または基材101の下面100B）と平行または略平行になっている。また、レンズ103の上面および基材101の上面100Uの平坦部101Eは、平行または略平行であり、図1では、同一平面上に位置している。

【0050】

基材101の凹部101B、101Dの対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する。これに対応して、レンズ102、103の光軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。レンズ102、103は、好適には、同一または略同一の大きさとする。

【0051】

基材101の材料を例えば石英とし、レンズ102、103の材料を例えば窒化ケイ素（窒化シリコン）とした場合は、レンズ102、103は基材101よりも屈折率が大きいので、凸レンズの機能をレンズ102、103に持たせることができる。

逆に、基材101の材料を例えば窒化ケイ素とし、レンズ102、103の材料を例えば石英とした場合は、レンズ102、103は基材101よりも屈折率が小さいので、凹レンズの機能をレンズ102、103に持たせることができる。

【0052】

光学素子の製造方法の第1の実施の形態

図2および図3は、光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

【0053】

図2 (A) は、金型3を示している。この金型3には、液状または流動体状の光学材料6Lが通過する通路4と、空洞(キャビティ)3Cとが形成されている。また、金型3の空洞3Cでは下側の内壁と上側の内壁が対向しており、下側の内壁には、空洞3Cに対して突起した凸部5が形成されており、上側の内壁には、空洞3Cに対して突起した凸部5Aが形成されており、凸部5, 5Aの周囲は平坦になっている。

【0054】

凸部5は、図1の光学素子100のレンズ102の形状と同一または略同一であり、回転対称または略回転対称な形状を有する。

また、凸部5Aは、図1の光学素子100のレンズ103の形状と同一または略同一であり、回転対称または略回転対称な形状を有する。

凸部5, 5Aの対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する。

【0055】

図2 (B) では、金型3の通路4から光学材料6Lを空洞3Cに注入し、光学材料6を空洞3Cに充填する。注入する光学材料6Lは、例えば溶融石英、ガラス、プラスチック、合成樹脂等とする。

【0056】

図2 (C) では、液状の光学材料6Lを固体状の光学材料6Mに硬化させ、光学材料6Mからなる基材6を金型3から取り出す。

金型3から取り出された基材6の下面には、凸部5の形状が転写されて凹部6Bが形成されている。凹部6Bは、対称または略対称な形状を有する。基材6の凹部6Bの周囲は、平坦になっている。

また、基材6の上面には、凸部5Aの形状が転写されて凹部6Uが形成されて

いる。凹部6Uは、対称または略対称な形状を有する。基材6の凹部6Uの周囲は、平坦になっている。

基材6の凹部6B, 6Uの対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。

【0057】

図3(D)では、基材6の下面の凹部6Bに、光学材料7Mを充填する。光学材料7Mは、光学材料6Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料6Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする。

例えば、基材6の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7Mの層7を形成することで、基材6の凹部6Bに光学材料7Mを充填する。この場合、凹部6Bに対応する凹部7Bが、層7に形成される。

【0058】

また、基材6の上面の凹部6Uに、光学材料71Mを充填する。この光学材料71Mは、光学材料7Mと同一の材料とすることが好ましい。

例えば、基材6の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料71Mの層71を形成することで、基材6の凹部6Uに光学材料71Mを充填する。この場合、凹部6Uに対応する凹部71Uが、層71に形成される。

なお、光学材料7M, 71Mを同一材料とし、基材6の上下面に、蒸着により光学材料7Mの層7, 71を形成することで、基材6の凹部6B, 6Uに対して光学材料7Mを充填してもよい。

【0059】

図3(E)では、層7の下面(底面)を平坦化する。例えば、層7の下面の凹部7Bが無くなるように研磨する。好ましくは、基材6の凹部6Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の下面を研磨する。または、基材6の凹部6Bの周囲の平坦部(または平坦面)と層7の下面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。

【0060】

また、層71の上面を平坦化する。例えば、層71の上面の凹部71Uが無く

なるように研磨する。好ましくは、基材6の凹部6Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層71の上面を研磨する。または、基材6の凹部6Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層71の上面とが平行もしくは略平行になるように層71を研磨する。

【0061】

基材6の凹部6B, 6Uの周囲の平坦部が露出するように層7, 71を研磨することで、図1の光学素子100と同じ構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図3（E）の基材6および凹部6B, 6Uは、図1の光学素子100の基材101および凹部101B, 101Dに各々対応している。

【0062】

金型3の上下の内壁は、空洞3Cに対して突起した凸部5, 5Aを有するので、空洞3Cに対して窪んだ形状の凹部を形成してモールド成形により凸レンズを作成する場合に比べ、加工精度を向上することができる。このように、金型3を使用することで、モールド成形の凸レンズよりも加工精度の高い小型の凸レンズを作成可能である。

【0063】

なお、図2（A）, （B）に示す金型に代えて、上金型と下金型を用いて基材6のモールド成形を行ってもよい。下金型の下側の内壁には、凸部が形成されており、この凸部の周囲は平坦になっている。この凸部は、図2（A）, （B）の凸部5と同一である。上金型の下側の内壁には、凸部が形成されており、この凸部の周囲は平坦になっている。この凸部は、図2（A）, （B）の凸部5Aと同一である。

【0064】

先ず、下金型および上金型の間の空洞に、光学材料（例えばガラス材料）を注入し、ガラス材料、下金型および上金型を所定の温度に同時に加熱することで、ガラス材料を軟化させる。そして、軟化したガラス材料を上金型でプレスする。この場合、上金型および下金型の内壁の凸部の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置する。

【0065】

次に、ガラス材料、下金型および上金型を冷却してガラス材料を硬化させて基材6を金型から取り出す。この金型から取り出された基材6の下面には、凸部5の形状が転写されて凹部6Bが形成され、基材6の上面には、凸部5Aの形状が転写されて凹部6Uが形成される。

このようにして、図2(C)に示す基材6を得ることも可能である。

【0066】

光学素子の製造方法の第2の実施の形態

図4および図5は、光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0067】

図4(A)では、基材の一例であるシリコン基板8の平坦面に、レジスト9を形成する。レジスト9の底面の大きさは、図1中のレンズ102, 103の平坦面の大きさと同一または略同一とする。

【0068】

図4(B)では、レジスト9をマスクとし、エッティングによりシリコン基板8の表面に凸部8Uを形成する。凸部8Uの形状は、レンズ102, 103の形状と同一であり、回転対称または略回転対称な形状である。エッティングとしては、例えば、イオンミリング法、RIE法などを用いる。

【0069】

図4(C)では、凸部8Uが形成されたシリコン基板8の表面に、凸部8Uが埋没するように光学材料10Mを積層させ、光学材料10Mの層10からなる基材を形成する。層10は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などを用いて形成してもよい。

シリコン基板8上に層10が形成されると、凸部8Uに対応する凸部10Uが、層10の上面に形成される。

【0070】

図4(D)では、層10の上面を平坦化する。例えば、層10の上面の凸部1

0 U が無くなるように研磨して平坦面 10 S を形成する。好ましくは、シリコン基板 8 の凸部 8 U の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 10 の上面を研磨する。または、シリコン基板 8 の凸部 8 U の周囲の平坦部と層 10 の上面とが平行または略平行になるように層 10 を研磨する。

このようにして、図4 (D) に示すシリコン基材 8 および層 10 を複数生成する。

【0071】

図4 (E) では、対向する平坦面が形成された基材 11 の下側の平坦面に、層 10₁ の平坦面 10 S₁ を接合する。また、基材 11 の上側の平坦面に、層 10₂ の平坦面 10 S₂ を接合する。凸部 8 U₁ , 8 U₂ は、同一直線上または略同一直線上に位置している。

なお、シリコン基板 8₁ , 8₂ 、凸部 8 U₁ , 8 U₂ 、層 10₁ , 10₂ 、および平坦面 10 S₁ , 10 S₂ は、図4 (D) の対応するシリコン基板 8 、凸部 8 U 、層 10 、および表面 10 S と同じ構成である。

【0072】

また、基材 11 の上下の平坦面と層 10₁ , 10₂ の平坦面 10 S₁ , 10 S₂ との接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。基材 11 の光学材料 11 M は、好ましくは、光学材料 10 M と同じ材料とする。

【0073】

図5 (F) では、図4 (E) の層 10₁ の下面に接合されていたシリコン基板 8₁ を除去し、層 10₁ の下面を露出させる。また、層 10₂ の上面に接合されていたシリコン基板 8₂ を除去し、層 10₂ の上面を露出させる。

なお、シリコン基板 8₁ , 8₂ は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。

【0074】

層 10₁ の下面には、シリコン基板 8₁ の凸部 8 U₁ の形状が転写されており、凸部 8 U₁ に対応する凹部 10 B₁ が形成されている。凹部 10 B₁ は、対称または略対称な形状を有する。

また、層 10_2 の上面には、シリコン基板 8_2 の凸部 $8U_2$ の形状が転写されおり、凸部 $8U_2$ に対応する凹部 $10B_2$ が形成されている。凹部 $10B_2$ は、対称または略対称な形状を有する。

凹部 $10B_1$ 、 $10B_2$ の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。

【0075】

図5 (G) では、層 10_1 の下面の凹部 $10B_1$ に光学材料 $7M$ を充填する。光学材料 $7M$ は、光学材料 $10M$ とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 $10M$ よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする。

例えば、層 10_1 の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 $7M$ の層 7 を形成することで、層 10_1 の凹部 $10B_1$ に光学材料 $7M$ を充填する。この場合、凹部 $10B_1$ に対応する凹部 $7B$ が、層 7 に形成される。

【0076】

また、層 10_2 の上面の凹部 $10B_2$ に光学材料 $71M$ を充填する。光学材料 $71M$ は、好適には光学材料 $7M$ と同じ材料とする。

例えば、層 10_2 の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 $71M$ の層 71 を形成することで、層 10_2 の凹部 $10B_2$ に光学材料 $71M$ を充填する。この場合、凹部 $10B_2$ に対応する凹部 $71U$ が、層 71 に形成される。

なお、光学材料 $7M$ 、 $71M$ を同一材料とし、基材 10_1 の下面および基材 10_2 の上面に、蒸着により光学材料 $7M$ の層 7 、 71 を形成することで、基材 10_1 、 10_2 の凹部 $10B_1$ 、 $10B_2$ に対して光学材料 $7M$ を充填してもよい。

【0077】

図5 (H) では、層 7 の下面(底面)を平坦化する。例えば、層 7 の下面の凹部 $7B$ が無くなるように研磨する。好ましくは、層 10_1 の凹部 $10B_1$ の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 7 の下面を研磨する。または、層 10_1 の凹部 $10B_1$ の周囲の平坦部(または平坦面)と層 7 の下面とが平行

もしくは略平行になるように層7を研磨する。

【0078】

また、層71の上面を平坦化する。例えば、層71の上面の凹部71Uが無くなるように研磨する。好ましくは、層10₂の凹部10B₂の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層71の上面を研磨する。または、層10₂の凹部10B₂の周囲の平坦部（または平坦面）と層71の上面とが平行もしくは略平行になるように層71を研磨する。

【0079】

層10₁、10₂の凹部10B₁、10B₂の周囲の平坦部が露出するように層7、71を研磨することで、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図5（H）の層10₁、10₂が接合された基材11、および凹部10B₁、10B₂は、図1の光学素子100の基材101、および凹部101B、101Dに各々対応している。

【0080】

光学素子の製造方法の第3の実施の形態

図6および図7は、光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0081】

図6（A）では、基材の一例であるシリコン基板18の平坦面にレジスト19を形成する。レジスト19の底面の大きさは、図1中のレンズ102、103の平坦面の大きさと同一または略同一とする。

【0082】

図6（B）では、レジスト19が形成されたシリコン基板18の表面に、レジスト19が埋没するように光学材料20Mを積層させ、光学材料20Mの層20からなる基材を形成する。光学材料20Mの層20は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などを用いて形成してもよい。光学材料20Mは、例えば、酸化アルミニウムとしてもよい。

シリコン基板18上に層20が形成されると、レジスト19に応じた凸部20Uが、層20の表面に形成される。

【0083】

図6 (C) では、層20の上面を平坦化する。例えば、層20の上面の凸部20Uが無くなるように研磨して平坦面20Sを形成する。好ましくは、シリコン基板18上のレジスト19の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層20の上面を研磨する。または、シリコン基板18上のレジスト19の周囲の平坦部（または平坦面）と層20の上面とが平行もしくは略平行になるように層20を研磨する。

このようにして、図6 (C) に示すシリコン基材18および層20を複数生成する。

【0084】

図6 (D) では、対向する平坦面を有する基材21の下側の平坦面に、層20₁の平坦面20S₁を接合する。また、基材21の上側の平坦面に、層20₂の平坦面20S₂を接合する。レジスト19₁、19₂の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。

なお、シリコン基板18₁、18₂、レジスト19₁、19₂、層20₁、20₂、および平坦面20S₁、20S₂は、図6 (C) の対応するシリコン基板18、レジスト19、層20、および平坦面20Sと同じ構成である。

【0085】

また、基材21の上下の平坦面と層20₁、20₂の平坦面20S₁、20S₂との接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。基材21の光学材料21Mは、好ましくは、光学材料20Mと同一の材料とする。

【0086】

図7 (E) では、図6 (D) の層20₁の下面に接合されていたシリコン基板18₁およびレジスト19₁を除去し、層20₁の下面を露出させる。また、層20₂の上面に接合されていたシリコン基板18₂およびレジスト19₂を除去し、層20₂の上面を露出させる。

なお、シリコン基板 18_1 、 18_2 は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。レジスト 19_1 、 19_2 は、例えばレジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解させて除去してもよい。

【0087】

層 20_1 の下面には、レジスト 19_1 の形状が転写されており、レジスト 19_1 の形状に対応する凹部 $20B_1$ が形成されている。凹部 $20B_1$ は、対称または略対称な形状を有する。

また、層 20_2 の上面には、レジスト 19_2 の形状が転写されており、レジスト 19_2 の形状に対応する凹部 $20B_2$ が形成されている。凹部 $20B_2$ は、対称または略対称な形状を有する。

凹部 $20B_1$ 、 $20B_2$ の対称軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。

【0088】

図7(F)では、層 20_1 の下面の凹部 $20B_1$ に光学材料7Mを充填する。光学材料7Mは、光学材料20Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料20Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする。

例えば、層 20_1 の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7Mの層7を形成することで、層 20_1 の凹部 $20B_1$ に光学材料7Mを充填する。この場合、凹部 $20B_1$ に対応する凹部7Bが、層7に形成される。

【0089】

また、層 20_2 の上面の凹部 $20B_2$ に光学材料71Mを充填する。光学材料71Mは、好適には光学材料7Mと同じ材料とする。

例えば、層 20_2 の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料71Mの層71を形成することで、層 20_2 の凹部 $20B_2$ に光学材料71Mを充填する。この場合、凹部 $20B_2$ に対応する凹部71Uが、層7に形成される。

なお、光学材料7M、71Mを同一材料とし、基材 20_1 の下面および基材 20_2 の上面に、蒸着により光学材料7Mの層7、71を形成することで、基材2

0_1 , 20_2 の凹部 $20B_1$, $20B_2$ に対して光学材料 $7M$ を充填してもよい

。

【0090】

図7 (G) では、層7の下面(底面)を平坦化する。例えば、層7の下面の凹部 $7B$ が無くなるように研磨する。好ましくは、層 20_1 の凹部 $20B_1$ の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の上面を研磨する。または、層 20_1 の凹部 $20B_1$ の周囲の平坦部(または平坦面)と層7の上面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。

【0091】

また、層 7_1 の上面を平坦化する。例えば、層 7_1 の上面の凹部 7_1U が無くなるように研磨する。好ましくは、層 20_2 の凹部 $20B_2$ の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 7_1 の上面を研磨する。または、層 20_2 の凹部 $20B_2$ の周囲の平坦部(または平坦面)と層 7_1 の底面とが平行もしくは略平行になるように層 7_1 を研磨する。

【0092】

層 20_1 , 20_2 の凹部 $20B_1$, $20B_2$ の周囲の平坦部が露出するように層7を研磨することで、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図7 (G) の層 20_1 , 20_2 が接合された基材 21 、および凹部 $20B_1$, $20B_2$ は、図1の光学素子100の基材 101 、および凹部 $101B$, $101D$ に各々対応している。

【0093】

光学素子の製造方法の第4の実施の形態

図8および図9は、光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0094】

図8 (A) では、光学材料 $31M$ からなる基材 31 の対向する平坦面のうち一方の平坦面に、レジスト膜 29 を形成する。また、基材 31 の他方の平坦面に、

レジスト膜39を形成する。光学材料31Mは、例えば石英とする。

基材31の一方の平坦面上のレジスト膜29には、円形または略円形の窓29Hが形成されており、基材31の他方の平坦面上のレジスト膜39には、円形または略円形の窓39Hが形成されている。窓29H, 39Hは同一または略同一の大きさであり、窓29H, 39Hの中心軸は、同一直線上または略同一直線上に位置している。図示のように、窓29H, 39Hは、レジスト膜29, 39の孔および／または開口部を構成している。

【0095】

図8 (B) では、レジスト膜29, 39が形成された基材31をエッティング液32に所定時間浸す。エッティング液32は、例えば石英を腐食するフッ酸液等により構成する。

基材31をエッティング液32に所定時間浸すことによって、レジスト膜29, 39の窓29H, 39Hから基材31が徐々に腐食され、基材31の上下面には窓29に対応する凹部31Uと、窓39に対応する凹部31Bとが形成される。凹部31B, 31Uの大きさは、図1中のレンズ102, 103の大きさと同一または略同一とする。凹部31B, 31Uは対称または略対称な形状を有し、凹部31B, 31Uの対称軸は同一直線上または略同一直線上に位置する。

【0096】

図9 (C) では、基材31をエッティング液32から取り出し、レジスト膜29, 39を除去する。レジスト膜29, 39は、レジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解して除去してもよい。

【0097】

図9 (D) では、基材31の下面の凹部31Bに光学材料7Mを充填する。光学材料7Mは、光学材料31Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料31Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする。

例えば、基材31の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7Mの層7を形成することで、基材31の下面の凹部31Bに光学材料7Mを充填する。この場合、凹部31Bに対応する凹部7Bが、層7に形成される。

【0098】

また、基材31の上面の凹部31Uに光学材料71Mを充填する。光学材料71Mは、好適には光学材料7Mと同じ材料とする。

例えば、基材31の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料71Mの層71を形成することで、基材31の上面の凹部31Uに光学材料71Mを充填する。この場合、凹部31Uに対応する凹部71Uが、層71に形成される。

なお、光学材料7M、71Mを同一の材料とし、基材31の上下面に、蒸着により光学材料7Mの層7、71を形成することで、基材31の凹部31B、31Uに対して光学材料7Mを充填してもよい。

【0099】

図9(E)では、層7の下面を平坦化する。例えば、層7の下面の凹部7Bが無くなるように研磨する。好ましくは、基材31の凹部31Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の下面を研磨する。または、基材31の凹部31Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層7の下面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。

【0100】

また、層71の上面を平坦化する。例えば、層71の上面の凹部71Uが無くなるように研磨する。好ましくは、基材31の凹部31Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層71の上面を研磨する。または、基材31の凹部31Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層71の上面とが平行もしくは略平行になるように層71を研磨する。

【0101】

基材31の凹部31B、31Uの周囲の平坦部が露出するように層7、17を研磨することで、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図9(E)の基材31および凹部31B、31Uは、図1の光学素子100の基材101および凹部101B、101Dに各々対応している。

【0102】

光学素子の製造方法の第5の実施の形態

図10は、光学素子の製造方法の第5の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0103】

図10 (A) の基材41は、対向面のうち一方の面に凹部41Bを有し、他方の面に41Uを有する。凹部41B, 41Uは、回転対称または略回転対称な形状を有し、凹部41B, 41Uの対称軸は同一直線上または略同一直線上に位置している。基材41のうち凹部41B, 41Uの周囲は、平坦になっている。基材41は、光学材料41Mからなる。

凹部41B, 41Uの大きさは、図1中のレンズ102, 103の大きさと同一または略同一である。

この基材41は、例えば、図2 (C) 中の基材6、図5 (F) 中の層10₁, 10₂が接合された基材11、図7 (E) 中の層20₁, 20₂が接合された基材21、または、図9 (C) 中の基材31を用いる。

【0104】

図10 (B) では、基材41の下面の凹部41Bに、光学材料41Mとは屈折率が異なる光学材料27Mを充填する。

一例として、光学材料41Mが石英ではない場合、光学材料27Mとしてゲル化された石英を用い、基材41の下面に塗布することで、光学材料27Mの層27を形成し、基材41の下面の凹部41Bに光学材料27Mを充填する。

【0105】

また、基材41の上面の凹部41Uに、光学材料37Mを充填する。光学材料37Mを基材41の上面に塗布することで、光学材料37Mの層37を形成し、基材41の上面の凹部41Uに光学材料37Mを充填する。光学材料37Mは、光学材料27Mと同一の材料とする。

そして、凹部41B, 41Uに光学材料27M, 37Mが充填された基材41を加熱し、光学材料27M, 37Mを硬化させる。

【0106】

図10 (C) では、硬化した層27の表面を平坦化する。例えば、光学材料27Mの下面の表面荒れやうねりが無くなるように研磨する。好ましくは、基材41の凹部41Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層27の下面を研磨する。または、基材41の凹部41Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層27の上面とが平行もしくは略平行になるように層27を研磨する。

【0107】

また、硬化した層37の表面を平坦化する。例えば、光学材料37Mの上面の表面荒れやうねりが無くなるように研磨する。好ましくは、基材41の凹部41Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層37の上面を研磨する。または、基材41の凹部41Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層37の上面とが平行もしくは略平行になるように層37を研磨する。

【0108】

基材41の凹部41B, 41Uの周囲の平坦部が露出するように層27, 37を研磨することで、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図10 (C) の基材41および凹部41B, 41Uは、図1の光学素子100の基材101および凹部101B, 101Dに各々対応している。

【0109】

光学素子の製造方法の第6の実施の形態

図11は、光学素子の製造方法の第6の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一機能または略同一機能を有する光学素子を得ることが可能である。

【0110】

図11 (A) の基材51は、対向面のうち一方の面に凹部51Bを有し、他方の面に凹部51Uを有する。凹部51B, 51Uは、回転対称または略回転対称な形状を有し、凹部51B, 51Uの対称軸は同一直線上もしくは略同一直線上に位置している。基材51のうち凹部51U, 51Bの周囲は、平坦になっている。基材51は、光学材料51Mからなる。

凹部51U, 51Bの大きさは、図1中のレンズ102, 103の大きさと同一である。

この基材51は、例えば、図2(C)中の基材6、図5(F)中の層10₁, 10₂が接合された基材11、図7(E)中の層20₁, 20₂が接合された基材21、または、図9(C)中の基材31を用いる。

【0111】

図11(B)では、基材51の一方の面の凹部51Bに、光学材料51Mとは屈折率が異なる液状の光学材料47Aを満たす。光学材料47Aとしては、例えば、光学油、液晶等の光学液体を用いる。

そして、基材51の一方の面に光学材料47Mからなる層47を形成し、光学材料47Aが満たされた凹部51Bを層47により密閉する。このようにして、凹部51Bに液状の光学材料47Aを充填することができる。

【0112】

次に、基材51の他方の面の凹部51Uに、液状の光学材料57Aを満たす。この光学材料57Aは、光学材料47Aと同じ材料とする。

そして、基材51の上面に光学材料57Mからなる層57を形成し、光学材料57Aが満たされた凹部51Uを層57により密閉する。このようにして、凹部51Uに液状の光学材料57Aを充填することができる。

層47, 57は、一定または略一定の厚さの膜とすることが好ましい。また、層47, 57の光学材料47M, 57Mは同じ材料とし、層47の厚さは、層57の厚さと同一または略同一とすることが好ましい。

なお、図11(B)の基材51および凹部51B, 51Uは、図1の光学素子100の基材101および凹部101B, 101Dに各々対応している。

【0113】

ところで、モールドレンズに使用されるガラスの屈折率は、一例として1.4～1.7である。

本発明に係る光学素子の光学材料、特に基材の凹部に充填される大きい屈折率（または高い屈折率）の光学材料には、例えば、酸化アルミニウム（例えば屈折率が約1.8のAl₂O₃）、酸化チタン（例えば屈折率が約2.5のTiO₂

)、酸化タンタル(例えば屈折率が約2.4のTa₂O₅)、リン化ガリウム(例えば屈折率が約3.3のGaP)等が使用可能であり、上記光学材料を用いることで、開口数が大きい光学素子を作成可能である。

【0114】

また、本発明に係る光学素子の光学材料、特に基材の凹部に充填される光学材料には、Ta_{X1}O_{Y1}、Ti_{X2}O_{Y2}、Al_{X3}O_{Y3}、Si_{X4}O_{Y4}、Si_{X5}N_{Y5}、Mg_{X6}F_{Y6}、Ga_{X7}N_{Y7}、Ga_{X8}P_{Y8}、Ti_{X9}N_b_{Y9}O_{Z9}、Ti_{Z6}Ta_{Z7}O_{Z8}、Nb_{Z4}O_{Z5}等の化合物を使用可能である。但し、X1～X9、Y1～Y9、Z4～Z9は、前記化合物が存在し得るような数値である。

なお、上記実施の形態は本発明の例示であり、本発明は上記実施の形態に限定されない。

【0115】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、基材の凹部を小型化可能であり、小型の光学素子を作成可能である。また、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、小型で開口数が大きい光学素子を作成可能である。

また、本発明によれば、上記製造方法から作成可能な光学素子と、当該光学素子を用いた光学系とを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図2】

本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図3】

図2に統いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図4】

本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図5】

図4に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図6】

本発明に係る光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図7】

図6に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図8】

本発明に係る光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図9】

図8に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図10】

本発明に係る光学素子の製造方法の第5の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図11】

本発明に係る光学素子の製造方法の第6の実施の形態を示す概略的な説明図である。

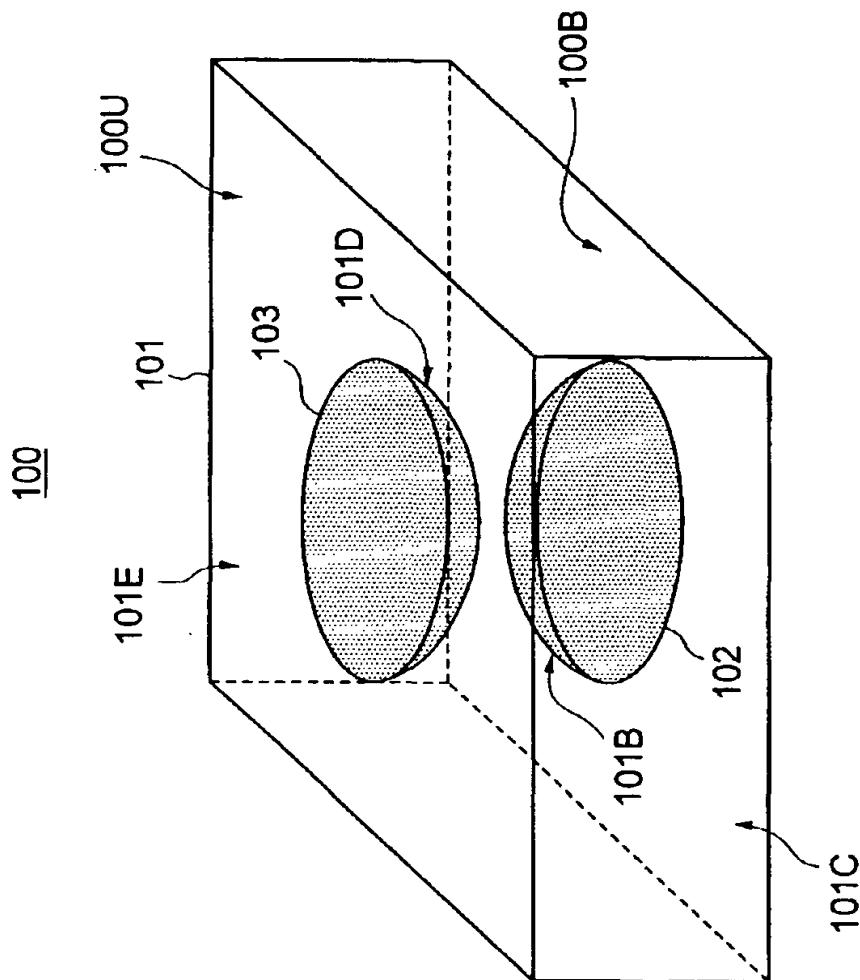
【符号の説明】

3…金型、3C…空洞（キャビティ）、4…通路、5, 5A, 8U, 8U₁, 8U₂, 20U…凸部、6, 11, 21, 31, 41, 51, 101…基材、6B, 6U, 7B, 10B, 10B₁, 10B₂, 20B, 101B, 27U, 31B, 31U, 41B, 41U, 51B, 51U, 71U, 101B, 101D

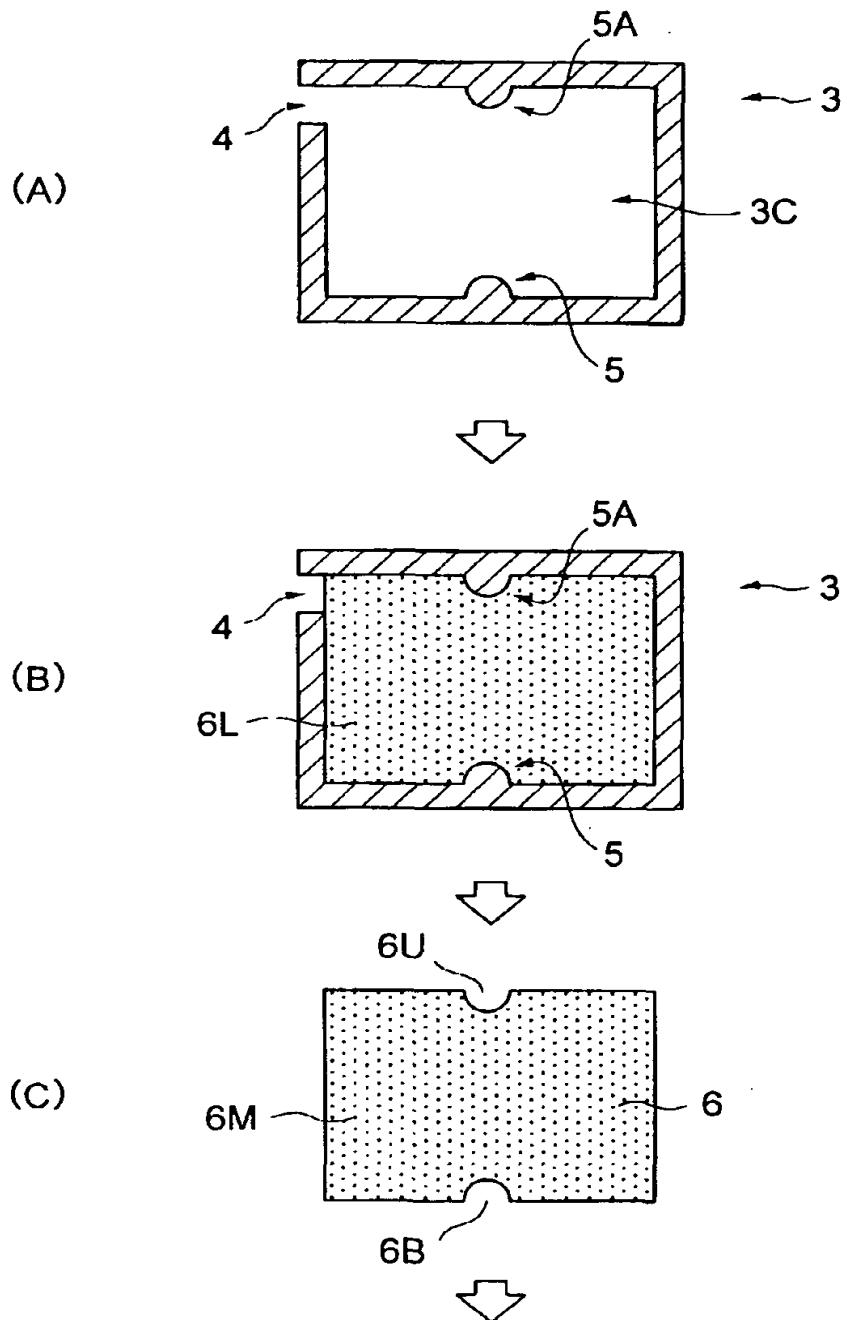
…凹部、6L, 6M, 7M, 10M, 11M, 20M, 21M, 27M, 31M, 37M, 41M, 47A, 47M, 51M, 57A, 57M, 71M…光学材料、7, 10, 10₁, 10₂, 20, 20₁, 20₂, 27, 37, 47, 57, 71…層、8, 8₁, 8₂, 18, 18₁, 18₂…シリコン基板、9, 19, 19₁, 19₂…レジスト、29, 39…レジスト膜、29H, 39H…窓、32…エッチング液、100…光学素子、100B…下面、100U…上面、101C, 101E…平坦部、102, 103…レンズ。

【書類名】 図面

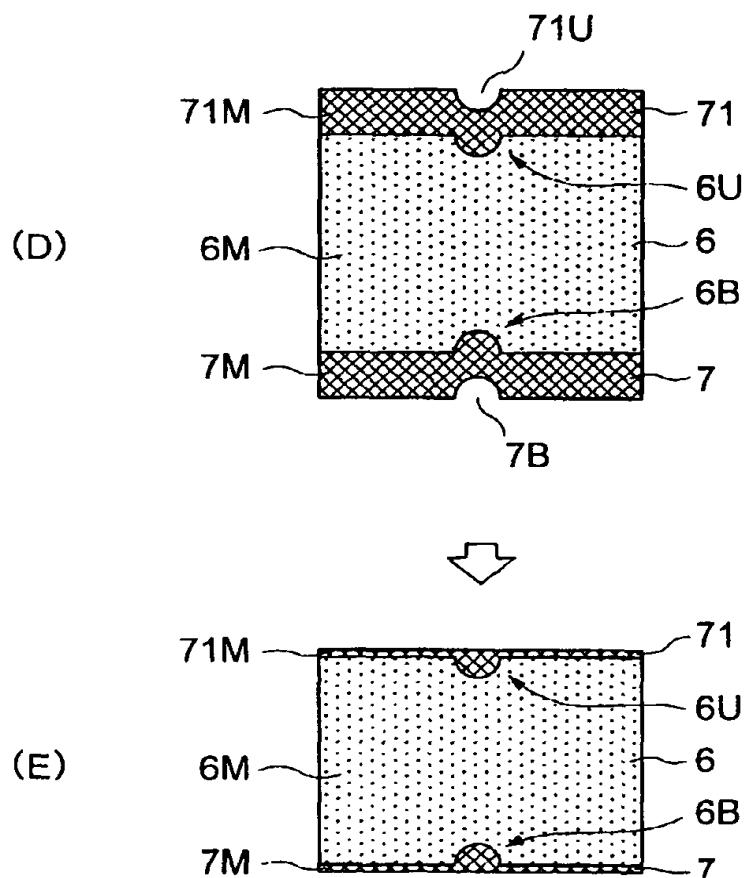
【図1】



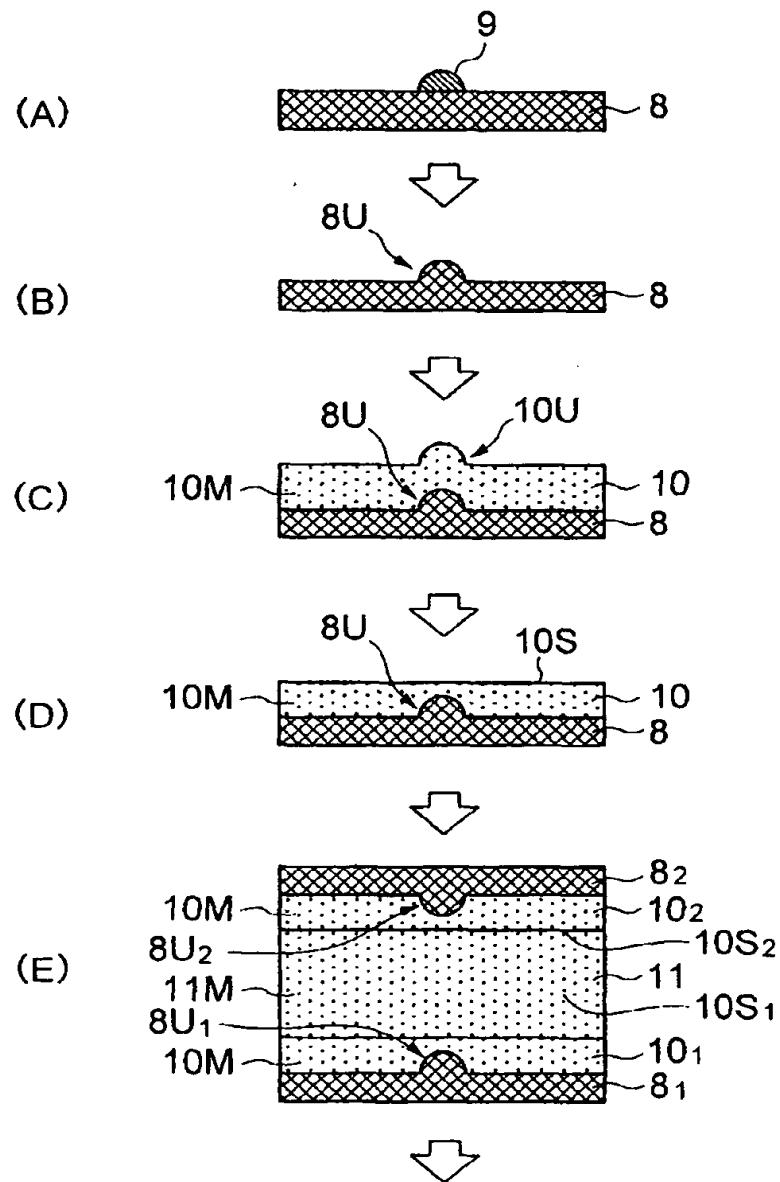
【図2】



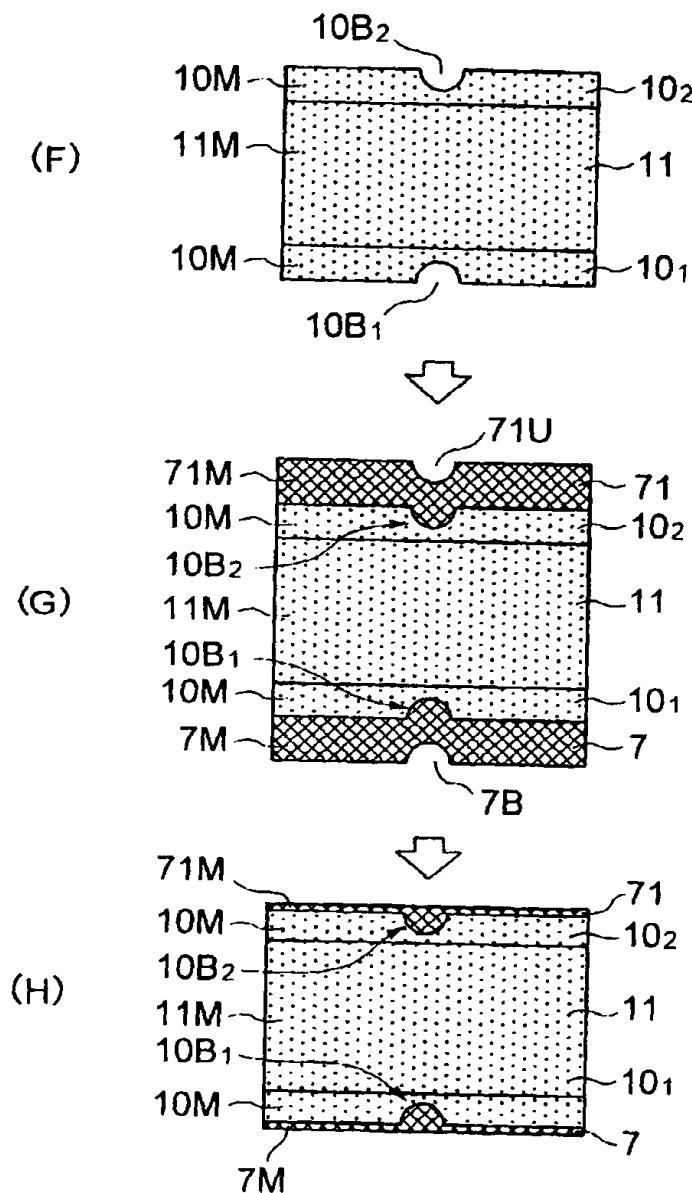
【図3】



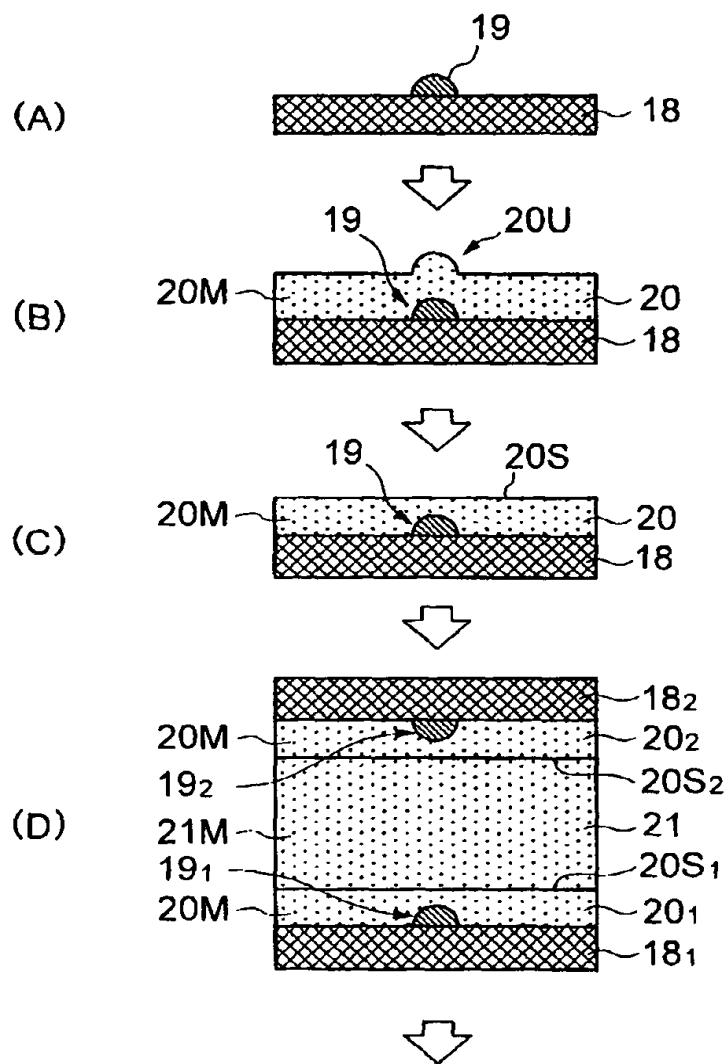
【図4】



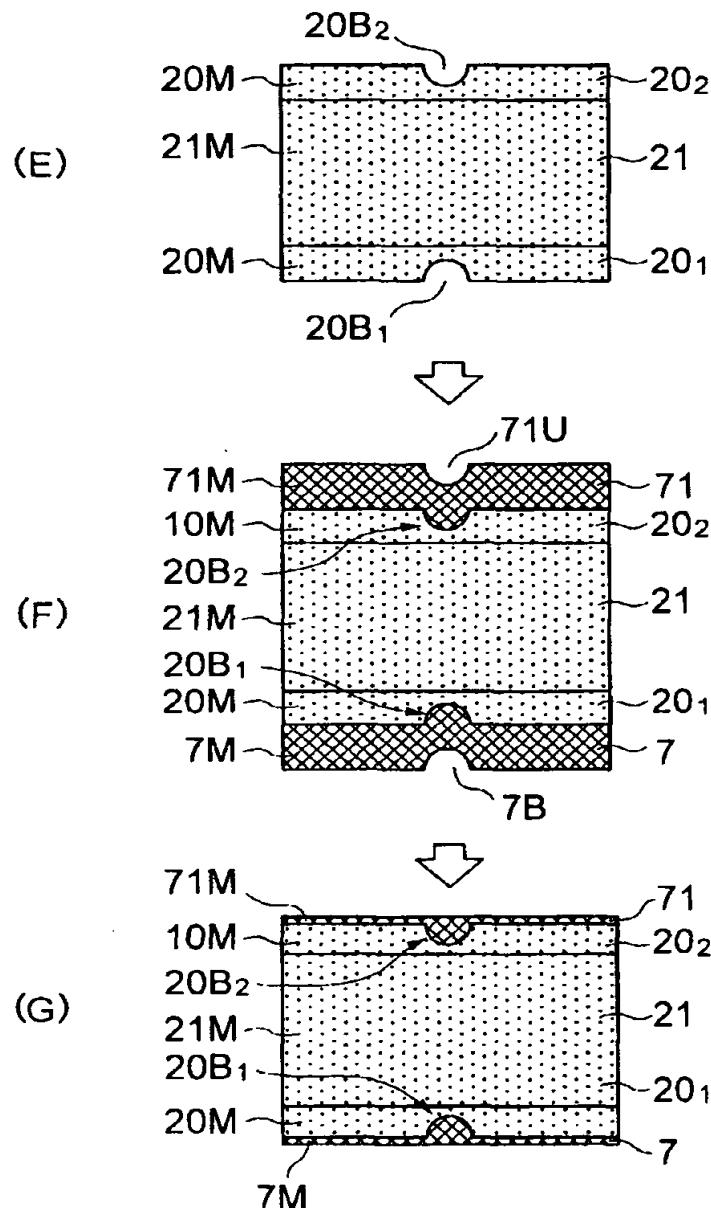
【図5】



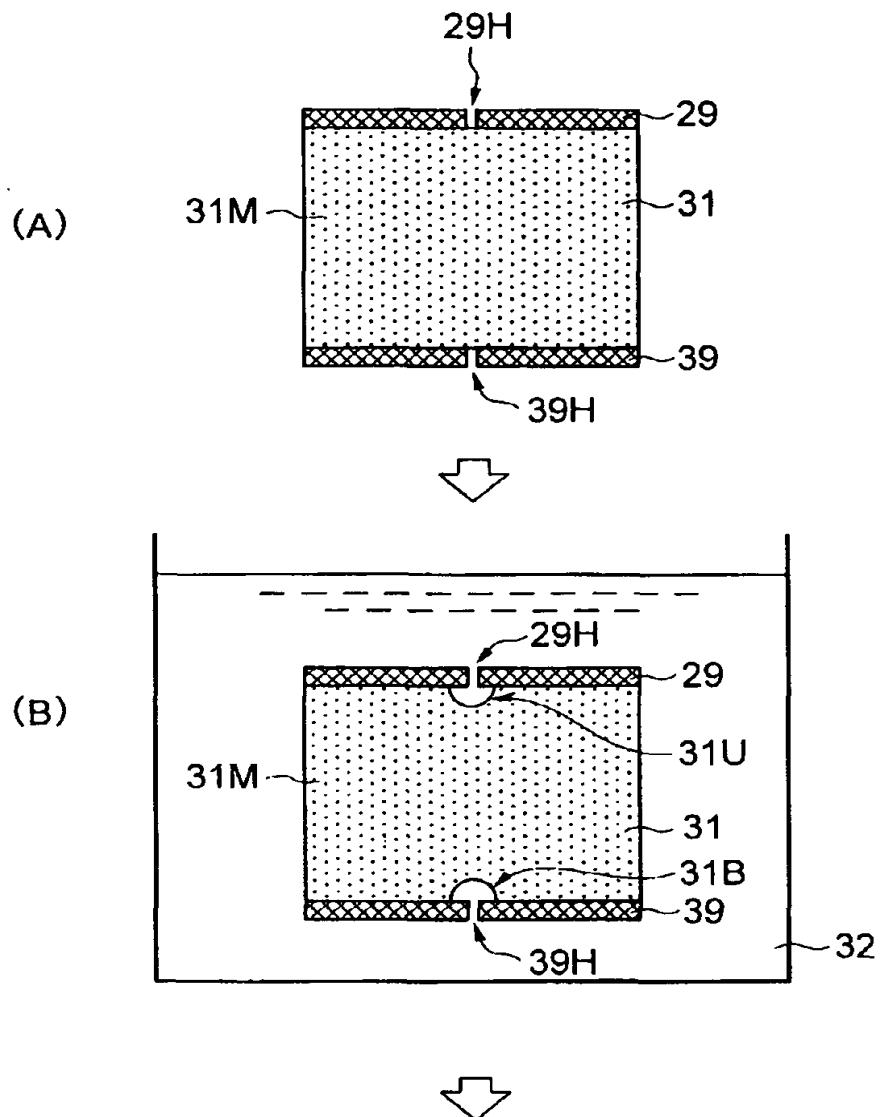
【図6】



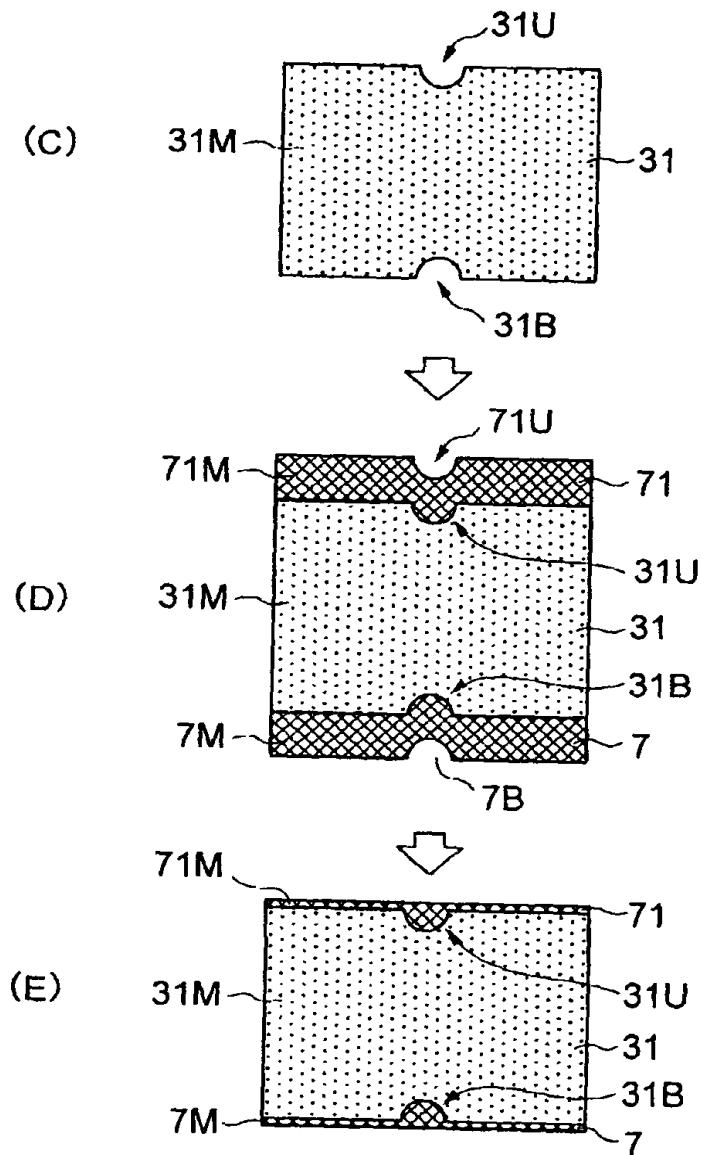
【図7】



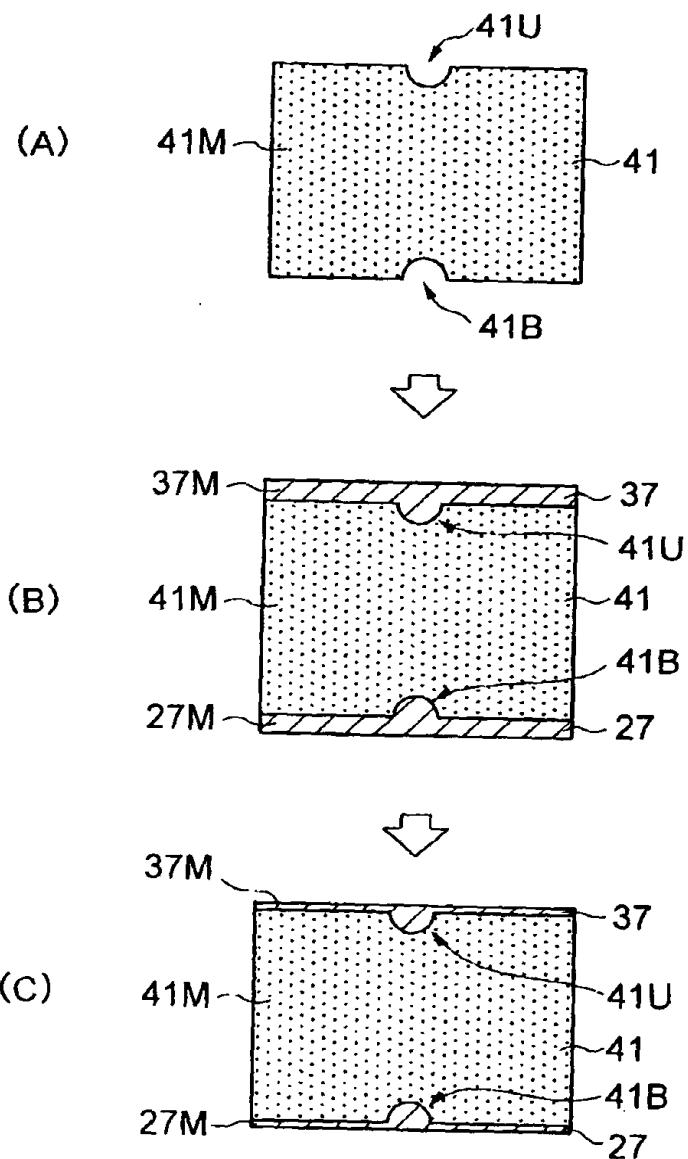
【図8】



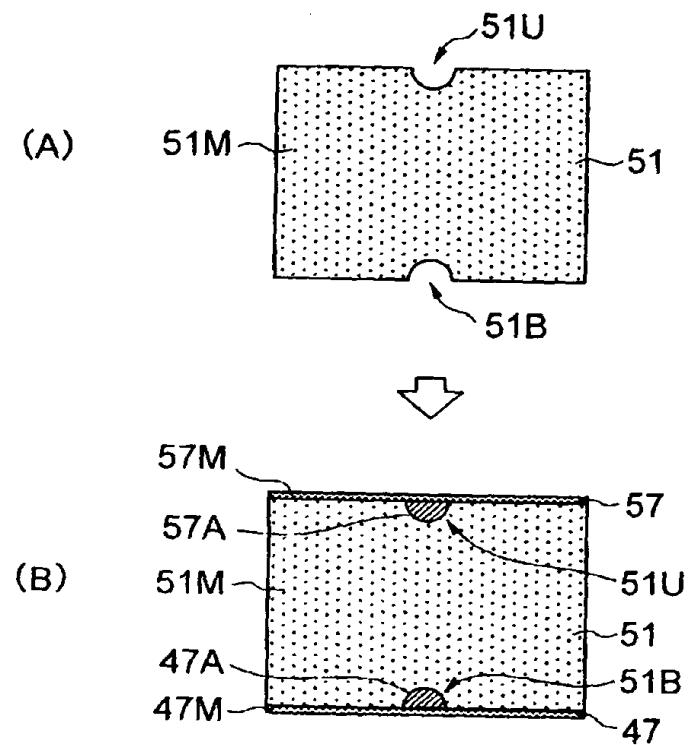
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型で開口数が大きい光学素子を提供する。

【解決手段】 光学素子100は、第1の光学材料からなる基材101と、第1の光学材料とは屈折率が異なる第2の光学材料とを有する。基材101は、互いに対向する第1および第2の面100B, 100Uを有し、第1の面100Bには回転対称な第1の凹部101Bが形成されていると共に、第2の面100Uには回転対称な第2の凹部101Dが形成されている。凹部101B, 101Dには、第2の光学材料が充填されており、レンズ102, 103を構成している。例えば、第1の光学材料を石英とし、第2の光学材料を窒化ケイ素(SiN)またはリン化ガリウム(GaP)とする。凹部101B, 101Dを小さくすることで、レンズ102, 103を小型化可能であり、光学素子100を小型化可能である。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社